

## **Функциональная надёжность сложных трубопроводных систем**

*Самойленко Н.И., Гавриленко И.А., Сенчук Т.С., Харьковская национальная академия городского хозяйства*

По насыщенности магистральными и распределительными трубопроводными системами Украина занимает одно из первых мест в мире. Особенно это касается газовых систем, доставшихся Украине по наследству от бывшего СССР. Полувековая эксплуатация большинства трубопроводных магистральных систем (газо-, нефте-, водо-, тепло-снабжения) и трубопроводных распределительных систем (водо-, газо-, теплообеспечения) существенно повлияла на их способность работать без сбоев и выполнять свои функциональные задачи. Всё чаще в средствах массовой информации можно услышать о высокой степени изношенности существующих трубопроводных систем, росте их аварийности, угрозе техногенных катастроф, необходимости срочной замены или неотлагательного восстановления работоспособности отдельных трубопроводных участков и систем в целом.

В условиях рыночной экономики, которую стремится поддерживать, развивать и укреплять Украина, проблема надёжности приобретает новый оттенок. Любой предприниматель, вкладывающий личные материальные и денежные средства в производство или несущий ответственность за использование государственных средств, хочет быть уверенным в получении положительного конечного результата. С этой целью разрабатывается бизнес-план, анализ которого может дать ответ на вопрос, какова целесообразность той или иной производственной инновации. Основным показателем бизнес-плана – получаемая прибыль – является очень важной характеристикой эффективности принимаемых решений. Но в условиях жесткой конкуренции руководствоваться только одной прибылью, какой бы она не была заманчивой, – недопустимая вольность, способная погубить самые перспективные начинания и привести к нежелательным результатам. Чтобы избежать неоправданного риска, следует при оценке эффективности принимаемых решений обязательно учитывать показатель надёжности.

Все субъекты (производители, поставщики, потребители) трубопроводной системы в равной степени заинтересованы в её высокой надёжности. При этом надёжность должна быть не ниже некоторой допустимой. Если надёжность системы не удовлетворяет данному требованию, то потребитель не получит необходимого для него целевого продукта в нужном количестве или заданного качества и, в конечном итоге, откажется от услуг системы. В первую очередь, такого решения,

следует ожидать от потребителей с непрерывным производственным циклом, когда срыв поставок может привести к большим материальным потерям или экологической катастрофе.

Надёжность системы – это комплексное свойство, которое определяется рядом различных показателей и характеризует техническое состояние и функциональные возможности системы. Наиболее важным для потребителей является такой показатель функциональной надёжности, как вероятность бесперебойной поставки целевого продукта конкретному потребителю в течение определённого периода времени.

Для всех субъектов системы проблема надёжности является противоречивой. Так, производители целевого продукта и потребители, с одной стороны хотят, чтобы трубопроводная система была надёжной, с другой – чтобы услуги транспорта ЦП и его распределение были дешёвыми. Поставщики, с одной стороны, стараются обеспечить надёжность системы в обозримом будущем на должном уровне, с другой – выделять минимум финансовых, материальных и трудовых ресурсов на достижение этой надёжности.

Противоречивость проблемы может быть разрешена только с помощью отыскания компромиссного значения текущей надёжности, которое в равной степени удовлетворило бы всех субъектов системы. Компромиссное значение должно быть выше минимально допустимой величины, оговоренной всеми субъектами в двухсторонних договорных обязательствах. При этом отклонение от минимально допустимого значения должно быть незначительным, поскольку увеличение надёжности для действующих систем даже на сотые доли процента связано с крупными ресурсными затратами.

Безусловно, для определения текущей надёжности необходимо иметь соответствующие методы, математические модели и инженерные методики их определения или адекватной оценки.

На кафедре прикладной математики и информационных технологий Харьковской национальной академии городского хозяйства разработан аналитический метод для расчёта функциональной надёжности сложных магистральных и распределительных трубопроводных систем.

Аналитические методы, в отличие от статистических, позволяют оперативно (в масштабе реального времени) рассчитывать функциональную надёжность системы со сложной трубопроводной сетью относительно любого потребителя. Аналитические методы могут быть использованы не только для решения задач текущей эксплуатации систем, а также и для задач их развития, в т.ч. и для решения задач проектирования совершенно новых систем.

Основой для разработанного метода определения функциональной надёжности является разбиение трубопроводной сети на аварийно-ремонтные зоны (АРЗ). Метод изначально разрабатывался для расчёта функциональной надёжности распределительных трубопроводных сетей. Метод включает семь последовательных этапов (задач):

1. Формирование математической модели сложной трубопроводной транспортной сети в виде взвешенного графа.

2. Разбиение исходного взвешенного графа трубопроводной транспортной сети на подграфы АРЗ.

3. Расчет технической надежности каждой АРЗ.

4. Преобразование исходного взвешенного графа сети большой размерности во взвешенный граф АРЗ малой размерности.

5. Построение расчётных моделей функциональной надёжности относительно АРЗ, которые не стыкуются с источником ЦП.

6. Анализ каждой расчётной модели с целью выявления и удаления из модели несущественных связей между аварийно-ремонтными зонами и самими зонами, не влияющих на функциональную надёжность.

7. Расчет функциональной надёжности сети относительно АРЗ и функциональной надёжности сети относительно потребителей одной и той же зоны с помощью классических методов расчета надежности технических систем.

В процессе апробации метода АРЗ были предложены две его модификации для расчёта сложных магистральных трубопроводных сетей. Одна из модификаций позволяет определять оценку функциональной надёжности магистральных трубопроводных сетей, другая – точное её значение.

На основе модифицированных методов АРЗ проведен сравнительный анализ функциональной надёжности магистральной системы из двух параллельных трубопроводов, соединённых перемычками с различным конструктивным исполнением. Анализ численно обосновал целесообразность практического использования различных конструкций перемычек.

Модифицированные методы АРЗ могут быть использованы для численного определения риска возникновения техногенно-экологических катастроф при эксплуатации сложных трубопроводных систем.